



PLAN-TEKNIIKALLA TOTEUTETUN ETÄLUENTA- JÄRJESTELMÄN HÄIRIÖT

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Pekka Kuvaja	
Työn nimi PLAN-tekniikalla toteutetun etäluentajärjestelmän häiriöt	
Päiväys 24.2.2014	Sivumäärä/Liitteet 34/2
Ohjaaja(t) yliopettaja Juhani Rouvali, lehtori Jari Ijäs	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion Energia Liikelaitos, Sähköverkko / järjestelmävastaava Harri Korhonen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ja tutkia Kuopion Energia Liikelaitoksen PLAN-tekniikalla toteutettua etäluentajärjestelmää häiritseviä tekijöitä. Lisäksi työssä oli tarkoitus selvittää, kuinka esiintyviä häiriöitä voidaan kompensoida ja kuinka etäluennan toimintavarmuutta voidaan parantaa.</p> <p>PLAN-tekniikka perustuu sähköverkossa tapahtuvaan tiedonsiirtoon ja verkossa liikkuvan datan modulointiin, eli PLC-tekniikkaan. PLAN-tekniikka on suhteellisen uusi ja tuntematon tekniikka, joten häiritsevien tekijöiden selvitys on tärkeää.</p> <p>Tutkimustyö aloitettiin selvittämällä sähköverkossa esiintyviä PLAN-tekniikkaa häiritseviä, sekä PLAN-signaalia vaimentavia tekijöitä Kuopiossa kesän 2013 aikana. Työhön kuului myös löydettyjen häiriöiden kompensoiminen, sekä vaimennustapauksissa PLAN-signaalin tasojen parantaminen. Sähköverkossa suoritettiin kesän aikana paljon mittauksia ja häiriö- ja vaimennustapaukset kirjattiin ylös.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin kattavasti tietoa erilaisista PLAN-tekniikkaa häiritsevistä tekijöistä ja häiriöiden kompensoinnista. Lisäksi saatiin kattavasti tietoa PLAN-tekniikalle haasteellisista verkkoympäristöistä signaalia vaimentavien tekijöiden osalta. Lisäksi työn kirjallinen osuus toimii jatkossa oppaana PLAN-tekniikkaa häiritsevien ja vaimentavien tekijöiden ja niiden kompensoinnin osalta.</p>	
Avainsanat PLC, PLAN, EMC, häiriö, etäluenta	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Pekka Kuvaja			
Title of Thesis Interferences in Electrical Remote Reading When Implemented Using PLAN Technology			
Date	24. February 2014	Pages/Appendices	34/2
Supervisor(s) Mr. Juhani Rouvali, Principal Lecturer, Mr. Jari Ijäs, Lecturer			
Client Organisation /Partners Kuopion Energia Liikelaitos / Mr. Harri Korhonen, System Specialist			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to research what things are disturbing PLAN technology based electrical remote reading of Kuopion Energia Commercial Enterprise as well as to research how to compensate discovered interferences and how to improve the reliability of electrical remote reading.</p> <p>PLAN technology is based on PLC technology. In other words, PLC technology means data transmission in electric network and modulation of transmitted data. PLAN technology is quite new and unknown, so researching disturbing things is important.</p> <p>The thesis began by researching what kind of things are disturbing PLAN technology and what kind of things were weakening PLAN signals in Kuopio during the summer of 2013. The thesis also included compensating the discovered interferences and improving PLAN signal quality. A lot of measurements were carried out in the electric network during the summer and all interferences and signal weakening cases were written down.</p> <p>The outcome of this thesis was a lot of information about different kinds of things that disturb PLAN technology and solutions how to compensate the discovered interferences. The thesis also produced a lot of information about what kind of networks are challenging for PLAN technology. This thesis report can also be a guidebook for PLAN technology interferences in the future.</p>			
Keywords PLC, PLAN, EMC, interference, remote reading			

ESIPUHE

Tämä opinnäytetyö tehtiin Kuopion Energia Liikelaitokselle. Työn aihe oli PLAN-tekniikalla toteutetun etäluentajärjestelmän häiriöt. Aihe on mielestäni ajankohtainen, koska PLAN-tekniikka on suhteellisen uusi eikä sitä ole tutkittu paljon. Lisäksi etäluenta itsessään on ajankohtainen asia, koska etäluenta tuli valtioneuvoston päätöksellä pakolliseksi vuoden 2013 loppuun mennessä. Sain aiheen järjestelmävastaava Harri Korhoselta keväällä 2013. Tutkimustyö suoritettiin kesän 2013 aikana ja työn saatettiin loppuun syksyn 2013 ja kevään 2014 välisenä aikana.

Haluan kiittää Harri Korhosta mielenkiintoisesta opinnäytetyöaiheesta sekä työni ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää mittausjärjestelmäasentaja Kimmo Kolaria opeista ja neuvoista työni aikana sekä kaikkia Kuopion Energia Liikelaitoksen sähköverkko-osaston työntekijöitä, jotka olivat osallisina työssäni. Oppilaitoksen henkilökunnasta välitän kiitokset työni ohjaamisesta yliopettaja Juhani Rouvalille ja lehtori Jari Ijäkselle.

Viimeisimpänä haluan erityisesti kiittää avopuolisoani kaikesta tuesta ja kannustuksesta opintojeni aikana. Samat kiitokset kuuluvat myös vanhemmilleni.

Kuopiossa 24.2.2014

Pekka Kuvaja

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Lyhenteet ja määritelmät	6
2	KUOPION ENERGIA LIIKELAITOS.....	7
3	PLC-TEKNIikka.....	8
4	ETÄLUENTAJÄRJESTELMÄN KUVAUS.....	9
5	PLAN-TEKNIikka.....	10
5.1	FSK (Frequency-Shift Keying)	11
5.2	ASK (Amplitude-Shift Keying).....	11
5.3	PLAN-verkko ja mittareiden rekisteröinti.....	12
6	KESKITIN DC450.....	13
7	LANDIS+GYR E450.....	15
8	HÄIRIÖT PLAN-VERKOSSA	16
8.1	Kuuluvuutta vaimentavat tekijät.....	17
8.2	Kuuluvuutta häiritsevät tekijät	17
8.3	Kuluttajiin kohdistuvat häiriöt	19
8.4	EMC vaatimukset.....	19
9	ONGELMAT KESKITTIMELLÄ.....	20
10	ONGELMAT MITTARILLA	21
11	HÄIRIÖIDEN KOMPENSOINTI JA KUULUVUUDEN PARANTAMINEN	22
11.1	Käytetyt mittalaitteet	22
11.1.1	PLAN-analysaattori.....	23
11.1.2	MFA-400 –analysaattori	24
11.2	EMC-suotimet	25
11.2.1	SweMet PLC 204-G16.....	29
11.3	PLAN-toistin.....	30
11.4	PLAN-signaalista aiheutuvien häiriöiden kompensointi.....	32
12	YHTEENVETO.....	33
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	34
	LIITTEET.....	35

1 JOHDANTO

Valtioneuvoston päätöksellä sähkömittareiden etäluenta tuli pakolliseksi vuoden 2013 loppuun mennessä. Etäluennassa mittaustiedot sähkömittarilta siirretään etäluentajärjestelmään tietoliikenneverkkoa pitkin. Järjestelmä mahdollistaa myös releohjaukset.

Kuopion Energia käyttää etäluennassa PLC-tiedonsiirtoa (Power Line Carrier), eli mittaustiedot siirtyvät etäluentajärjestelmään sähköverkkoa pitkin. PLC-tekniikkaa käytetään erityisesti taajama-alueella. Lisäksi Kuopion Energialla on käytössään GPRS-tekniikkaa, jota käytetään harvemmin asutulla alueella, tai kun PLC-tekniikkaa ei jostain syystä voida käyttää. Etäluentajärjestelmän Kuopion Energialle toimittaa Landis+Gyr.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää etäluennassa esiintyviä häiriöitä ja ongelmia. Tarkoituksena oli tutkia, millaiset asiat ja laitteet häiritsevät PLC-tekniikalla tapahtuvaa etäluentaa, mitä häiriöitä kyseinen tekniikka aiheuttaa muihin sähkölaitteisiin ja kuinka kyseiset häiriöt voidaan estää. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää millaiset toimintatavat ovat parhaita kyseisten häiriöiden selvittämiseen.

1.1 Lyhenteet ja määritelmät

PLC (Power Line Carrier)= Sähköverkkotiedonsiirto

PLAN = PLC-tekniikalla toteutettu tiedonsiirtotekniikka

EMC (Electromagnetic Compatibility)= Sähkömagneettinen yhteensopivuus

MFA (Multi Frequency Analysator)= Monitaajuus analysaattori

2 KUOPION ENERGIA LIIKELAITOS

Kuopion Energia muodostuu Kuopion Energia Oy:stä ja Kuopion Energia Liikelaitoksesta, jotka molemmat omistaa Kuopion kaupunki. Sähköverkko-osasto kuuluu Kuopion Energia Liikelaitokselle.

(Kuopion Energia Liikelaitos 2013.)

Kuopion Energia Liikelaitos siirtää sähköä ja toimittaa kaukolämpöä asiakkailleen sekä rakennuttaa ja ylläpitää sähkö- ja kaukolämpöverkkoja. Kuopion Energia liikelaitoksen sähkön ja kaukolämmön toimitusvarmuus on valtakunnan kärkitasoa. (Kuopion Energia Liikelaitos 2013.)

Kuopion Energian sähkönjakeluverkko sijaitsee pääosin keskeisellä kaupunkialueella. Tarkemmin katseltuna sähköverkkoalue ulottuu pohjoisessa Sorsasaloon ja etelässä Haminalahteen sekä Hiltulanlahteen. Idässä ja lännessä rajana toimii käytännössä Kallavesi. Sähköverkkoa on yhteensä 1500 km. Sähkönsiirron asiakkaiden määrä vuonna 2012 oli 52212 asiakasta. Sähköä siirrettiin samana vuonna 14,5 miljoonan euron arvosta, joka energiamääränä oli 583,6 GWh. (Kuopion Energia Liikelaitos 2013.)

Vuonna 2012 rakennettiin 39 km uutta kaapeliverkkoa ja muuntamoita rakennettiin tai uudistettiin 17. Etäluentaprojekti käynnistyi massa-asennuksilla. Matkuksen sähköasema otettiin käyttöön 110 kV osalta. Uusia asiakkaita liitettiin sähköverkkoon 902. (Kuopion Energia Liikelaitos 2013.)

Liikevaihto vuonna 2012 liikelaitoksen puolella oli 62 miljoonaa euroa, josta liikevoittoa kertyi 6,4 miljoonaa euroa. Kuopion Energia Liikelaitoksella oli 57 työntekijää vuonna 2012. (Kuopion Energia Liikelaitos 2013.)

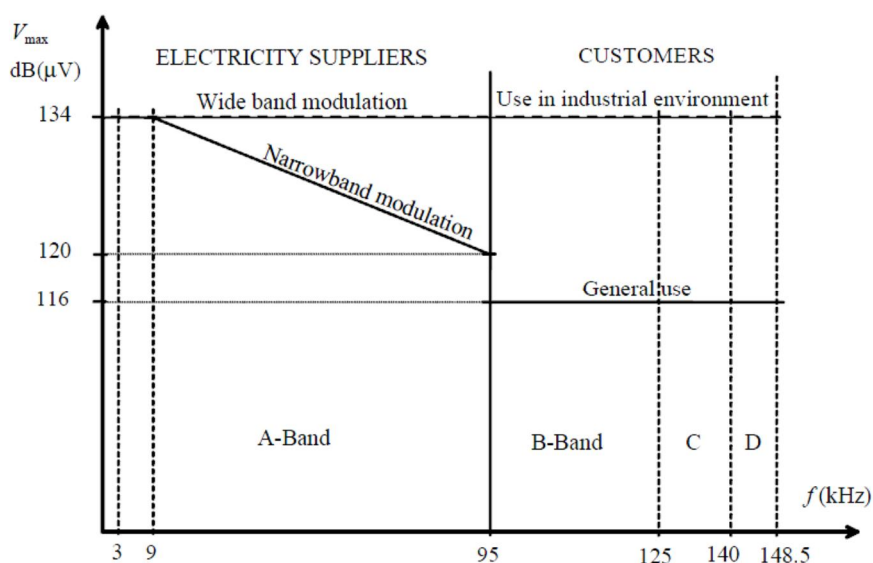
3 PLC-TEKNIikka

Sähkönjakeluverkkoja alettiin käyttää tiedonsiirtoon pian yhteiskunnan sähköistymisen jälkeen. PLC-tekniikan historian juuret ovat 1920-luvulla. Tuolloin lähetettiin ensimmäisiä CTP (Carrier Transmission over Power Lines) -kantoaaltoon perustuvia lähetyksiä suurjännitelinoja pitkin. Idea hyödyntää sähköverkkoa tiedonsiirtoon on kuitenkin melkein sata vuotta vanhempi kuin ensimmäiset kantoaalto-lähetykset. Edvard Davy julkaisi menetelmän mitata akkujen välisiä jännitteitä Lontoo-Liverpool lennätinaseman miehittämättömiltä pisteiltä vuonna 1838. (Ahola 2003 a.)

Periaate, johon PLC-tekniikka perustuu on informaatiota sisältävän signaalin modulointi. Signaalin häiriönkestävyyden parantamiseksi tiedonsiirrossa käytetään laajaa taajuusalueita. Tämä mahdollistaa sen, että koko siirtokanava ei altistu häiriölle, mikäli sellainen jollain taajuusalueella ilmenee. (Ahola 2003 a.)

Euroopan unionin jäsenmaille, Norjalle ja Sveitsille määriteltiin vuonna 1991 oma standardi pienjänniteverkossa tapahtuvaan signalointiin. Tämä standardi on CENELEC (Comité Européen de Normalisation) EN 50 65-1. Se korvasi kaikki muut aikaisemmin määritellyt yksittäiset standardit. Verrattuna USA:n ja Japanin FCC (Federal Communication Commission) standardeihin eurooppalaisen standardin taajuuskaista on paljon kapeampi. Euroopassa taajuuskaista on 3 - 148,5 kHz, kun taas FCC-standardia käyttävissä maissa taajuuskaista on käytössä aina 500 kHz:iin saakka. (Rokka 2010-2-11.)

Euroopassa käytetty taajuuskaista koostuu viidestä osasta, jotka ovat nähtävissä kuvasta 1. Ensimmäinen kaista 3 - 95 kHz, joka on merkitty A-kaistaksi, on tarkoitettu käytettäväksi sähkönjakelussa. Muut kaistat, eli B-, C- ja D-kaistat on tarkoitettu yksityiseen käyttöön. Näiden kaistojen taajuusalue on kokonaisuudessaan 95 - 148,5 kHz. (Rokka 2010-2-11.)



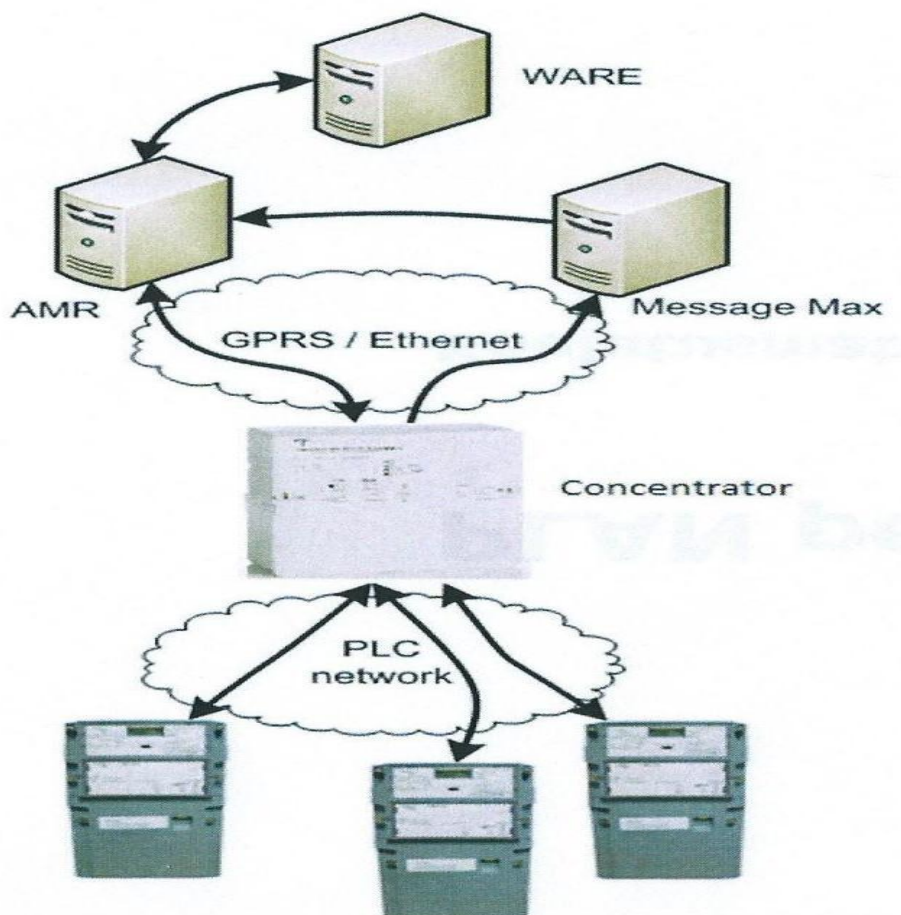
Kuva 1. Käytettävät taajuusalueet (Ahola 2003 b.)

4 ETÄLUENTAJÄRJESTELMÄN KUVAUS

Etäluentajärjestelmä käyttää tiedon kuljettamisessa ja käsittelyssä kolmea eri tietoliikenneyhteyttä. Keskitin ja tietokantapalvelimet kommunikoivat joko GPRS- tai Ethernet-yhteyden välityksellä. Kulutussmittarit ja keskitin kommunikoivat käyttäen PLC-tekniikkaa. Etäluentajärjestelmään kuuluu seuraavat komponentit:

- Tietokantapalvelin WARE
- Tietokantapalvelin AMR
- Message Max –palvelin
- Keskitin DC450
- Sähkönkulutusmittarit E450

WARE-tietokantapalvelimessa sijaitsee erilaisia tiedonkäsittely- ja raportointisovelluksia. WARE-palvelin on myös yhteydessä laskutusjärjestelmään. AMR-tietokantapalvelin on tarkoitettu mm. mittausdatan ja mittareiden tietojen säilyttämiseen. Message Max –palvelimessa puskuroidaan keskitin lähettämää kerättyä mittausdataa. Muuntamalla tai sen läheisyydessä sijaitsee keskitin. Keskitin kerää muuntopiirin mittauskohteissa sijaitsevien E450-mittareiden lähettämät tiedot ja on yhteydessä Message Maxiin GPRS- tai LAN-yhteyden välityksellä. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

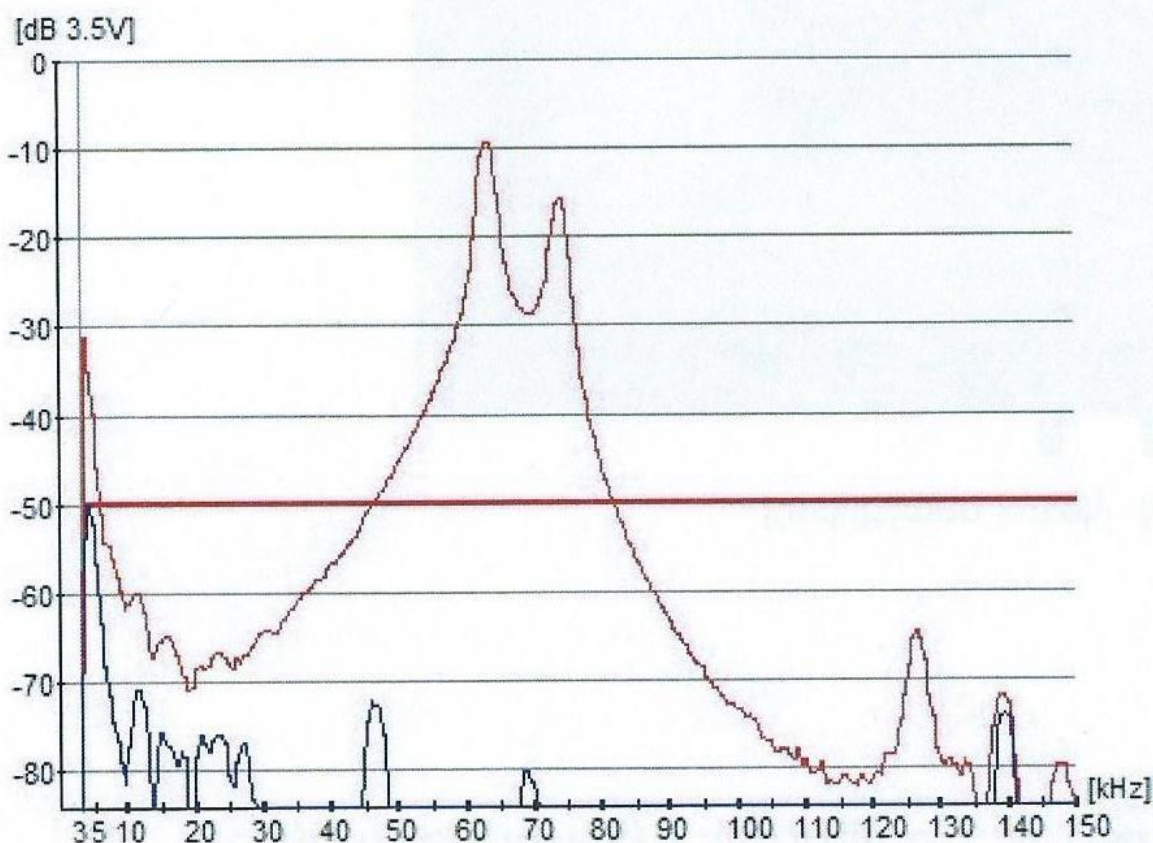


Kuva 2. Etäluentajärjestelmä (Landis+Gyr 2013-5.)

5 PLAN-TEKNIikka

PLAN-tekniikka on PLC-tekniikalla tapahtuvaa tiedonsiirtoa sähköverkkoa pitkin. Tekniikka perustuu kansainväliseen standardiin IEC 61334. PLAN-verkko toimii A-taajuuskaistalla, joka tarkoittaa, että tietoliikenteeseen käytettävät taajuudet ovat 3 – 95 kHz. Kommunikointiin PLAN-tekniikassa käytetään taajuuksia 63,3 kHz ja 74 kHz, jotka ovat nähtävissä MFA-analysaattorilla otetussa kuvassa 3. Lisäksi analysaattorin kuvassa näkyvät signaalin taajuuksien tasot. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

Tiedonsiirron nopeus PLAN-verkossa on +2400 bps. Modulointityyppinä PLAN-tekniikassa käytetään oletuksena FSK-modulointia (Frequency-Shift Keying) ja toissijaisesti käytetään ASK-Modulointia (Amplitude-Shift Keying). (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)



Kuva 3. PLAN-signaalin taajuudet ja tasot (Landis+Gyr 2013-5.)

5.1 FSK (Frequency-Shift Keying)

FSK on taajuusmodulointitekniikka, jossa digitaalista tietoa siirretään kantoaallon taajuuden vaihteluissa. Yksinkertaisin FSK-järjestelmä on BFSK (Binary Frequency-Shift Keying), jossa käytetään kah-
ta eri taajuutta kuljettamaan bitti-informaatiota 0 ja 1. Toinen taajuus on siis arvoltaan 0 ja toinen 1. Bitin 0 taajuutta kutsutaan välitaajuudeksi ja bitin 1 taajuutta merkkitaajuudeksi.

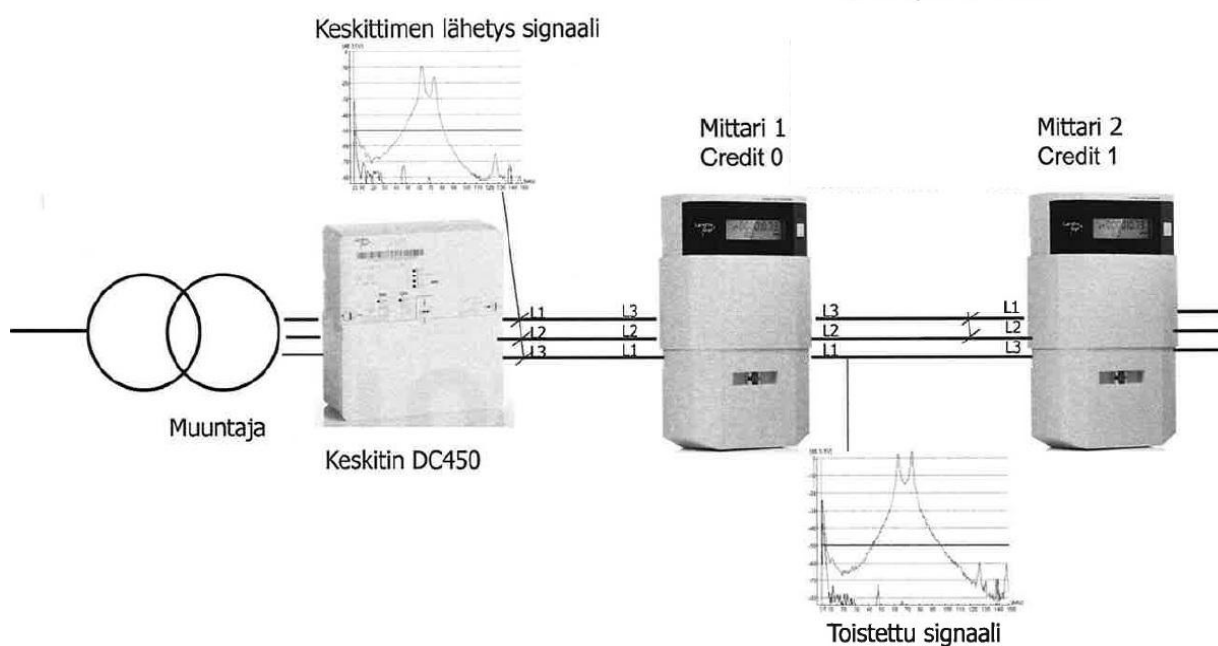
(Wikipedia 2013 a.)

FSK-modulointia hyödynnetään, kun on mahdollista käyttää PLAN-signaalin molempia taajuuksia, jolloin toinen taajuuksista on bitti 0 ja toinen bitti 1. ASK-modulointia käytetään puolestaan, kun vain toinen PLAN-signaalin taajuuksista on käytössä, jolloin saman taajuuden eri amplitudiarvot merkitse-
vät bittejä 0 ja 1.

Tavoite olisi pystyä käyttämään FSK-modulointia mahdollisimman paljon, koska FSK-moduloinnilla toteutettu datan luku on luotettavampaa kuin ASK-moduloinnilla toteutettu.

5.2 ASK (Amplitude-Shift Keying)

ASK on taajuuden amplitudin moduloinnin muoto, jossa esitetään digitaalista dataa kantoaallon taajuuden amplitudin vaihteluilla. ASK järjestelmässä taajuuden suurempi amplitudi merkitsee bittiä arvolla 1 ja pienempi amplitudi bittiä arvolla 0. (Wikipedia 2013 b.)



Kuva 4. PLAN-signaali verkossa (Landis+Gyr 2013-5.)

5.3 PLAN-verkko ja mittareiden rekisteröinti

PLAN-verkossa muuntajalla oleva keskitin lähettää uusille mittareille yleisen asennusviestin. Ensimmäinen asennusviesti lähetetään credit arvolla 0. Kaikki mittarit, jotka saavat asennusviestin, vastaavat keskittimelle. Seuraavaksi keskitin lähettää asennusviestin credit arvolla 1, jolloin jo edellisen asennusviestin saaneet mittarit huomaavat, että tulleen viestin credit arvo on 1, ja lähettävät keskitimeltä tulleen asennusviestin eteenpäin credit arvolla 0. Mittarit, jotka saavat toistetun viestin, eivät enää toista viestiä, koska sen credit arvo on 0. Seuraavaksi keskitin lähettää asennusviestin credit arvolla 2, jolloin ensimmäisellä lähetyksellä viestin kuulleet mittarit toistavat viestin kaksi kertaa ja toisella kerralla asennusviestin kuulleet mittarit kerran. Tämä jatkuu niin pitkälle kunnes kaikki mittarit on saatu rekisteröityä. On kuitenkin huomioitava, että keskitin pystyy lähettämään viestin maksimissaan credit arvolla 7. Kuvassa 4 näkyy PLAN-signaalin eteneminen verkossa. Yhden creditin lisäys kasvattaa signaalin kuuluvuutta noin 300 metriä. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

PLAN-verkossa ei saa olla kahta keskitintä samassa verkon piirissä. Kahden tai useamman keskittimen oleminen samassa verkossa aiheuttaa ylikuuluvuustilanteen, josta seuraa etäluentaongelmia. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

6 KESKITIN DC450

Keskitin sijaitsee yleensä muuntamalla tai sen välittömässä läheisyydessä. Se kerää muuntopiirin mittareilta tulevat tiedot ja lähettää ne eteenpäin. Keskitin käyttää joko GPRS- tai LAN-yhteyttä toimittaessaan mittareiden tietoja energiayhtiön tietokantaan. LAN-yhteyttä varten keskittimeen ei tarvitse asentaa erillisiä lisäosia, mutta GPRS-yhteyttä varten keskittimeen tulee asentaa erillinen sim-kortilla varustettu GSM-/GPRS-modeemi ja antenni. Paikasta riippuen, jos GPRS-signaalin kuuluvuus on huono, tulee keskittimeen asentaa johdolla varustettu ns. "ulkoantenni", joka johdon pituutensa puolesta mahdollistaa antennin asentamisen signaalille suotuisampaan paikkaan. Keskittimen ylivilittasuojaus on toteutettava erikseen, koska sitä ei keskittimessä itsessään ole. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2011-4-12.)

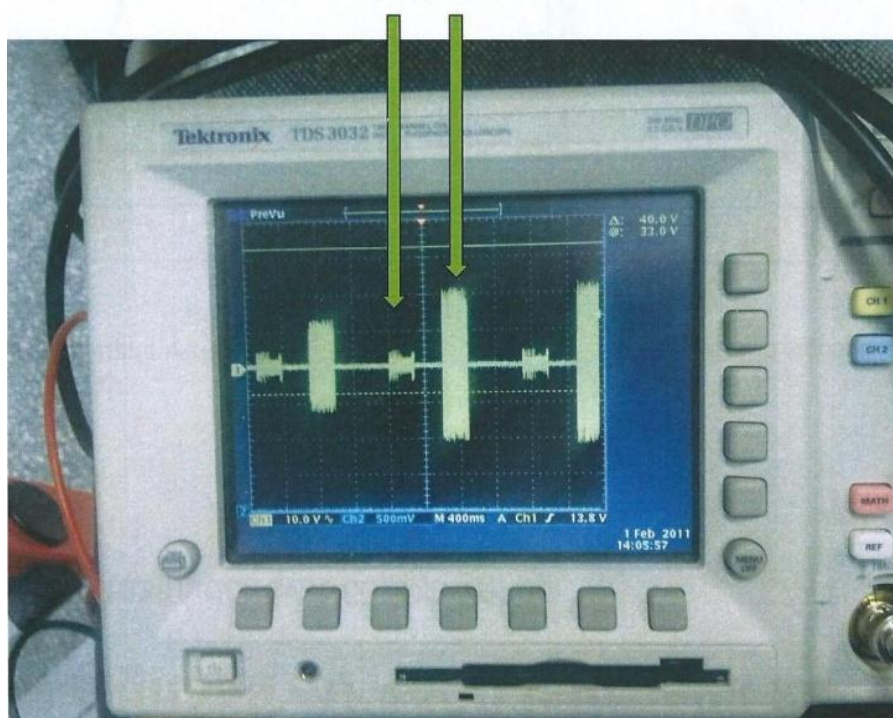
Keskitin käyttää kaikkia kolmea vaihetta kommunikointiin mittareiden kanssa. Synkronointi keskittimellä tapahtuu L1-vaiheella. Keskittimen lähettämän signaalin taso on pieni mittarin lähettämän signaalin tasoon verrattuna. Kuten kuvasta 6 näkyy, keskittimen signaalitaso on noin 1/4 mittarin signaalitasosta. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

Keskittimen tärkeimpiä toimintoja ovat mittaustietojen jatkuva kerääminen, mittaustietojen lähetys mittausjärjestelmään, kellonajan ylläpitäminen ja mittareiden kellon päivittäminen, onnistuneiden ja epäonnistuneiden PLAN-tiedonsiirtojen kirjaaminen, mittausjärjestelmästä tulleiden tietojen uudelleenlähetys, mittarin ohjelmoinnin käsittely ja ohjelmistojen päivitys. Mittausjärjestelmästä tulleilla tiedoilla tarkoitetaan kuormanohjauksia, katkolaitteiden ohjauksia ja suoraluentoja. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)



Kuva 5. Keskitin DC450 (Landis+Gyr 2013-5.)

Keskittimen kysely Mittarin vastaus



Kuva 6. Keskittimen ja mittarin signaalitasot. (Landis+Gyr 2013-5.)

7 LANDIS+GYR E450

E450-sähkömittari on älykäs ja luotettavasti toimiva mittari, jossa on monipuolisia toimintoja, mm. monien energialajien luenta ja erilaisten ohjauksien tuki. Tiedonsiirto tapahtuu kaksisuuntaisesti PLC-tekniikalla. PLC-tekniikka mahdollistaa AMM-järjestelmän integroinnin, ja useiden energialajien tuki mahdollistaa laajat luenta- ja ohjausmahdollisuudet. E450 mahdollistaa myös henkilökohtaisen energianhallinnan. (Landis+Gyr E450 manuaali 2010-12-9.)

E450-sähkömittarin ja DC450-datakeskittimen välinen yhteys toimii PLC-tiedonsiirron välityksellä, tarkemmin sanottuna PLAN+-tiedonsiirrolla. Kaikki tiedonsiirto mittarin, PLC-moduulin ja datakeskittimen välillä perustuu standardisarjaan IEC61334.

(Landis+Gyr E450 manuaali 2010-12-9.)

Uudet mittarit lisätään automaattisesti datakeskittimen äskettäin havaittujen mittareiden luetteloon. Keskitin päivittää mittariluetteloa jatkuvasti. Järjestelmäasetuksien määrittäminen tapahtuu automaattisesti, joten asennuksen jälkeen asentajan tarvitsee vain tarkistaa, että PLC-verkon tietojen synkronointia osoittava LED-merkkivalo vilkkuu. (Landis+Gyr E450 manuaali 2010-12-9.)

E450-sähkömittareita on saatavana 1- ja 3-vaiheisina. Lisäksi mittaria on vielä 3G-versiona, jossa tiedonsiirto tapahtuu GPRS-yhteyden kautta. 3G-mittaria on saatavilla vain 3-vaiheisena. (Landis+Gyr E450 manuaali 2010-12-9.)

Mittarin kommunikointi PLAN-verkossa tapahtuu L1 vaiheessa ja mittari toistaa signaalit L1 vaiheeseen muille mittareille.



Kuva 7. Sähkönkulutusmittari Landis+Gyr E450 (Landis+Gyr 2013.)

8 HÄIRIÖT PLAN-VERKOSSA

Monet tekijät häiritsevät PLAN-verkossa tapahtuvaa tiedonsiirtoa. Jos verkossa on kohinaa tai häiriöitä, ei tiedonsiirto mittareiden ja keskittimien välillä välttämättä kulje, jolloin mittareita ei saada luettua. Karkeasti kuuluvuutta haittaavat tekijät voidaan jakaa kahteen osaan: häiriöihin ja vaimennuksiin. Häiriötapauksessa PLAN-signaalin kuuluvuutta häiritsevät muut verkossa esiintyvät PLAN-signaalin peittävät saman taajuusalueen taajuudet. Vaimennustapauksessa signaali ei kuulu, koska verkossa on signaalia vaimentavia tekijöitä. Vaimentavia tekijöitä ovat mm. kaapelijatkokset ja haarat. Kuvassa 8 näkyy AMKA-verkon haaroja, jotka vaimentavat PLAN-signaalia oleellisesti. Luvussa 8.1 käsitellään vaimentavia tekijöitä tarkemmin.



Kuva 8. AMKA-verkon signaalia vaimentavia haaroja (Kuvaja 2013-6-11).

8.1 Kuuluvuutta vaimentavat tekijät

PLAN-signaalin kuuluvuutta vaimentavat monet tekijät, mutta suurin osa niistä liittyy kaapeleiden teknisiin ominaisuuksiin ja asennustapoihin. Kaapeleiden osalta kuuluvuutta vaimentavat kaapeleiden jatkokset, syöttökaapelin haaroittuminen, kaapelityypin muutos ja suuret muutokset kaapelin poikkipinnassa. Kaapelityypin muutos tarkoittaa esimerkiksi kaapelityypin muuttumista maakaapelista ilmakaapeleihin. Myös kaapelirakenteen muutos voi aiheuttaa signaalin vaimenemista.

(Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

Lisäksi signaalia vaimentavat peräkkäin olevat jakokaapit, mikä varsinkin kaupunkialueella on keskeinen ongelma. Suuret kompensointikondensaattorit voivat hävittää PLAN-signaalin kokonaan ja suuret UPS-laitteistot pienentävät signaalin tasoa oleellisesti. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

Edellä lueteltujen vaimentavien tekijöiden yhtäläisyytenä voidaan sanoa se, että kaikenlaiset ns. rajapinnat PLAN-signaalin reitillä vaimentavat signaalia.

Sama ilmiö on havaittavissa suurjännitetekniikassa, kun tarkastellaan suurjännitekaapeleiden epäjatkuvuuskohtia. Aaltoimpedanssin muutos aiheuttaa hyvin samanlaisia ilmiöitä suurjännitteen taajuuden etenemisessä erilaisten rajapintojen läpi.

Esimerkiksi Kuopion alueella vaimennuksen vuoksi hankalia alueita ovat taajama-alueella AMKA-kaapeleilla toteutetut alueet, joissa on käytetty tähtimäistä verkkomuotoa. Tällöin PLAN-signaali vaimentuu voimakkaasti, koska useimmiten kaapelointi lähtee muuntajalta ensin maakaapelina ja sen jälkeen muuttuu AMKA-kaapeliksi. Lisäksi verkon tähtimäinen rakenne lisää erilaisten liitosten ja jatkosten määrää. Hankalia alueita ovat myös kaupungin keskusta-alueen maakaapeleilla toteutettu verkko, koska jakokaappien suuri määrä vaimentaa PLAN-signaalia. Lisäksi vaikeuksia mittareiden luvussa on havaittu Kuopion uudisasuinalueilla, joissa verkko on toteutettu maakaapelein ja lukuisin jakokaapein.

8.2 Kuuluvuutta häiritsevät tekijät

Yleisimmin PLAN-signaalia häiritsevät verkkoon kytketyt tehoelektroniikkaan perustuvat laitteet, kuten taajuusmuuttajat. Ongelmallisimpia ovat vanhat tai hinnaltaan edulliset taajuusmuuttajat, joissa ei ole EMC-suodinta suodattamaan verkkoon kohdistuvia häiriöitä. Lisäksi taajuusmuuttajan vääränlainen kaapelointi aiheuttaa tilanteita, joissa verkkoon pääsee muodostumaan häiriöitä. Syötön kaapelointi tulisi toteuttaa taajuusmuuttajakäyttöihin tarkoitettulla häiriösuojatulla kaapelilla.

(Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

Taajuusmuuttajakäytöt tuovat lisävaatimuksia kaapelointiin ja maadoitukseen. Moottorin kaapeloinnissa tulisi käyttää suojattuja symmetrisiä kaapeleita. Lisäksi tulisi käyttää EMC-tiivisteholkkeja, joilla voidaan toteuttaa 360 asteen liitos. Taajuusmuuttajakäyttöihin soveltuvia EMC-vaatimuksien täyttäviä kaapeleita ovat esimerkiksi EMCMK- tai AEMCMK-kaapelit. (Partanen 2011-4-28.)

Lisäksi häiriöitä aiheuttavat verkossa edelleen kytkettynä olevat rikkiinäiset antennivahvistimet, rikkiinäiset kaapelitelevisiovahvistimet, vanhojen kuluttajalaitteiden, kuten esimerkiksi digiboksien, virtalähteet, isot kaukolämpö- ja jätepumppaamot, GSM-linkit ja isot metallintyöstöverstaat. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

Suurin osa kuluttajien häiriöitä aiheuttavista laitteista ovat erilaisten laitteiden virtalähteitä. Vanhemmiten virtalähteiden kondensaattoreiden eristeet heikkenevät, jolloin virtalähde alkaa tuottaa häiriötä verkkoon. Kondensaattori ottaa sen eristeiden heiketessä suurempia virtapiikkejä, jotka näkyvät häiriönä verkossa. Pahimmassa tapauksessa osa virtalähteen kondensaattoreista menee kokonaan oikosulkuun. Kyseinen ilmiö on osoittautunut melko yleiseksi, kun kyse on yksittäisten kuluttajien häiriöitä aiheuttavista laitteista. Pahimmassa tapauksessa rikkiinäinen virtalähde voi häiritä esimerkiksi kerrostalon koko rapun mittareiden lukua.

Häiriölähteen etsimiseen on oikeastaan vain yksi keino. Epäilty häiriölähde kytketään irti verkosta ja mitataan analysaattorilla PLAN-verkon tilanne. Jos häiriö poistui, häiriölähde on selvillä. Mikäli verkossa on edelleen häiriötä, täytyy yksitellen jatkaa mahdollisten häiriölähteiden poissulkemista. Kun häiriölähde löytyy, täytyy häiriölähteen, häiriön laadun ja häiriön tason perusteella päättää sopiva kompensointikeino.

Kuvassa 9 on nähtävissä eräs verkkoon häiriötä aiheuttanut taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttaja sijaitsee erään kuopiolaisen taloyhtiön sähkötilassa. Suurin syy häiriölle on luultavasti se, että taajuusmuuttajan syöttökaapelina on käytetty MMJ-kaapelia EMC-suojatun kaapelin sijaan. Lisäksi taajuusmuuttajasta mitä luultavimmin puuttuu EMC-suodin, koska kyseinen taajuusmuuttaja on suhteellisen vanha. Taajuusmuuttajasta aiheutuneen häiriön vuoksi koko kyseinen taloyhtiö sekä ympärillä olevat taloyhtiöt olivat mittareiden etäluennan osalta tavoittamattomissa.



Kuva 9. Esimerkki väärin toteutetusta taajuusmuuttajan johdotuksesta (Kuvaja 2013-7-8.)

8.3 Kuluttajiin kohdistuvat häiriöt

Ajan saatossa on huomattu, että jotkin harvat kuluttajien laitteet häiriintyvät PLAN-signaalista sähköverkossa. Yleisimmät kuluttajan laitteet, jotka häiriintyvät signaalista ovat luultavasti ns. hiipaisukytkimellä toimivat halvat työ- ja pöytävalaisimet. Häiriö ilmenee siten, että kyseisen tyyppiset valaisimet syttyvät ja sammuvat itseksensä. Tässäkin tapauksessa vika on kuluttajan laitteessa, koska kyseessä olevissa valaisimissa ei ole suodinta suodattamaan häiriötaajuuksia verkosta, mikä tekee ne alttiiksi verkossa esiintyville häiriötaajuuksille. Tämän vuoksi kyseiset valaisimet eivät täytä asettuja EMC-vaatimuksia.

8.4 EMC vaatimukset

EMC (Electromagnetic Compatibility) tarkoittaa sähkölaitteiden sähkömagneettista yhteensopivuutta samassa käyttöympäristössä. Sähkölaitteen tulee toimia moitteettomasti muiden laitteiden kanssa sen toimintaympäristössä turvallisuuden, luotettavuuden ja huollettavuuden lisäksi. Sähkölaitteen tulee kestää ulkopuolisia häiriöitä eikä laite saa kohtuuttomasti aiheuttaa ympäristöönsä häiriöitä. Vaatimuksilla suojataan radiotietoliikennettä, sähkö- ja tietoliikenneverkkoja sekä niihin oleellisesti liittyviä komponentteja ja laitteita. (Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta 2007-12-27.)

9 ONGELMAT KESKITTIMELLÄ

Mittareiden kuulumattomuus voi johtua myös pelkästään keskittimeen liittyvistä ongelmista. Etäluentaongelman laajuudesta voi osaltaan jo päätellä, onko kyse keskittimeen liittyvästä ongelmasta. Jos kaikki tietyn keskittimen piirissä olevat mittarit ovat hävinneet etäluennan piiristä yhtä aikaa, voi olla hyvinkin mahdollista, että vika on keskittimessä, eikä niinkään sähköverkon häiriöissä tai vaimenuksissa.

Tutkimuksen aikana eteen tuli monta tapausta, joissa keskittimen LAN-portti oli jostain syystä mennyt lukkoon. Keskitin sai kyllä mittareilta tietoa, mutta ei pystynyt lähettämään sitä eteenpäin jumiutuneen LAN-portin takia. Kyseiseen ongelmaan ei ole muuta ratkaisua kuin käyttää keskittimen verkojohtoa irti portista, tai sammuttaa keskitin muutamaksi minuutiksi ja käynnistää uudelleen. Useimmiten ongelma hävisi edellä mainittuja keinoja käyttäen. Jos ongelma edelleen jatkui, ainoa vaihtoehto on, vaihtaa tilalle kokonaan uusi keskitin.

Jos keskitin lähettää datan eteenpäin käyttäen GPRS-verkkoa, voi ongelmana olla kuuluvuus. Varsinkin maan alla olevissa tiloissa kuuluvuus on usein huono, jolloin keskitin ei saa yhteyttä GPRS-verkkoon eikä pysty lähettämään mittareilta saatua dataa eteenpäin. Kyseinen ongelma voidaan korjata asentamalla keskittimelle lisäantenni. Vaikeimmissa tapauksissa lisäantenni joudutaan viemään kokonaan rakennuksen ulkopuolelle, jotta voidaan varmistaa toimiva yhteys.

10 ONGELMAT MITTARILLA

Jos yksittäinen mittari on hävinnyt etäluennan piiristä, voi kyseessä voi olla yksittäiseen mittariin liittyvä ongelma. Kyseisiä ongelmia voivat olla esimerkiksi mittarin ohjelmiston kaatuminen, jonkin vikatilan päälle meneminen, tai yksinkertaisesti mittarin hajoaminen.

Mittari ilmottaa näytössään vikakoodein, jos mittarissa on jokin vikatila. Mittarin ohjelmiston kaatumisen huomaa yleensä siitä, että mittarin näytössä näkyy ja vilkkuu mitään tarkoittamattomia tekstejä ja kuvioita. Tällöin ainoa vaihtoehto on vaihtaa tilalle uusi mittari. Vikakoodit voidaan lukea mittarin valikkojen kautta, ja ne voidaan tulkita vikakoodeille annettujen selityksien avulla.

Mittarin hajoamisen huomaa yleensä siitä, että mittarille tulee jännite normaalisti, mutta mittarin näyttö on kokonaan pimeänä. Tällöinkin ainoana vaihtoehtona on vaihtaa tilalle uusi mittari. Mittarin hajoamisen voi aiheuttaa esimerkiksi suuret äkilliset jännitepiikit, kuten ukkosen aiheuttama jännitepiikki.

Vastaan tuli myös monta tapausta, joissa yksittäinen mittari oli hävinnyt etäluennan piiristä vain siksi, että kiinteistön tai asunnon, jota mittari mittaa, keskuksen pääkytkin oli käännetty auki. Tämä tulee kyseeseen vain niiden kerros- ja rivitaloasuntojen kohdalla, joissa mittari on sijoitettu asuntokohtaisesti asunnon ryhmäkeskukseen. Koska mittari on yleisesti kytkennällisesti vasta pääkytkimen jälkeen, pääkytkimen aukaisu estää jännitteen pääsyn myös mittarille ja mittari sammuu.

Mittareiden kaatumisia tai sammumisia tuli esille suhteellisesti vähän. Yleisimmin kyse oli siitä, että kiinteistön tai asunnon pääkytkin oli käännetty auki. Huono puoli edellä mainituissa ongelmatilanteissa on se, että kyseistä ongelmaa ei voi todeta millään muulla tavalla, kuin käymällä fyysisesti kohteessa tarkastamassa mittarin tila.

11 HÄIRIÖIDEN KOMPENSOINTI JA KUULUVUUDEN PARANTAMINEN

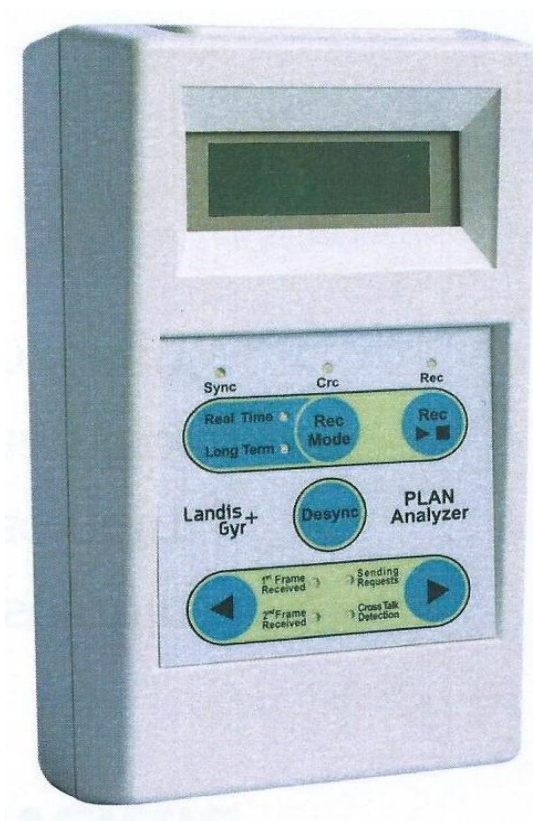
Häiriöiden kompensoinnissa tulee ensimmäiseksi selvittää häiriön laatu ja laajuus. Kohteessa missä mittareita ei saada luettua, tulee selvittää, onko kyse puhtaasti häiriöstä vai vaimennuksesta. Häiriötilanteessa tulee paikallistaa häiriön lähde mahdollisimman tarkasti. Häiriölähteiden paikantamisessa käytetään erilaisia PLC-analysaattoreita. Lisäksi tulee selvittää, kuinka laaja häiriö on. Se selviää yleensä kuulumattomien mittareiden tiedoista. Häiriölähteen, häiriön laadun ja laajuuden perusteella tulee päättää sopiva kompensointikeino häiriön poistamiseksi. Vaimennustilanteessa kuuluvuuden parantamiseksi käytetään erillisiä PLAN-toistimia, jotka toistavat PLAN-signaalia eteenpäin kyseessä olevassa verkossa. Lisäksi toistimia voidaan käyttää kompensoimaan tasoltaan heikkoja häiriöitä, jolloin PLAN-signaali saadaan verkossa dominoivaksi.

Sähköverkossa olevat häiriötaajuudet, jotka häiritsevät PLAN-signaalia voidaan kompensoida usealla eri tavalla, parantaen näin etäluentayhteyden toimivuutta. Koska useimmissa tapauksissa verkkoon häiriötä aiheuttavaa laitetta ei voida poistaa, täytyy laitteen tuottamat häiriötaajuudet kompensoida. Kompensointi toteutetaan käytännössä käyttämällä erilaisia EMC-suotimia. Esimerkiksi taajuusmuuttajakäyttöille on olemassa paljon erilaisia EMC-suodin paketteja, jotka on mahdollista asentaa taajuusmuuttajan viereen taajuusmuuttajan syöttökaapelin ja taajuusmuuttajan väliin.

Vaimennustilanteessa tulee selvittää piste, jossa PLAN-signaali vaimenee merkittävästi. Yleensä tilannetta kannattaa lähteä selvittämään keskittimeltä. Keskittimeltä mitataan PLAN-signaalin tasot ja todetaan, ovatko signaalin tasot riittäviä. Jos tasot ovat riittävät, lähdetään selvittämään signaalin tasoja verkossa etenemällä koko ajan kohti sähkömittareita. Seuraavia mittauspisteitä keskittimen jälkeen voivat olla esimerkiksi jakokaapit ja kiinteistöjen pääkeskukset. Mikäli näissäkin pisteissä signaalin taso on riittävä, edetään kiinteistöissä kiinteistö-, nousu- ja mittauseskukseen. Kun löydetään piste, jossa signaalin taso on laskenut merkittävästi edelliseen pisteeseen nähden, voidaan PLAN-toistimen paikaksi valita edellinen piste, jossa signaalin taso oli vielä hyvä. Näin ollen toistin toistaa eteenpäin hyvää signaalin tasoa ja kuulumattomat mittarit saadaan todennäköisesti etäluennan piiriin.

11.1 Käytetyt mittalaitteet

Sähköverkossa tapahtuvan tiedonsiirron analysointiin käytetään erilaisia analysaattoreita, jotka mitaavat sähköverkossa esiintyviä taajuuksia ja yliaaltoja. Tässä opinnäytetyössä tehtyihin häiriömittauksiin käytettiin kahta erilaista analysaattoria. Toinen oli Landis+Gyrin PLAN-analysaattori ja toinen SweMetin MFA 400 -analysaattori. Molemmilla mittareilla mitataan signaalia vaiheen ja nollan väliltä. MFA 400 -analysaattorin mittaustulokset voidaan tallentaa suoraan tietokoneelle USB-yhteyden avulla. Tietokoneelle tulee kuitenkin asentaa erillinen mittaustuloksien katseluun tarkoitettu ohjelma. PLAN analysaattorin mittaukset saadaan talteen mittariin kytkettävän muistikortin avulla. Mittareissa voidaan käyttää samanlaisia mittapäitä kuin normaaleissa yleismittareissa.



Kuva 10. PLAN-analysaattori (Landis+Gyr 2013-5.)

11.1.1 PLAN-analysaattori

Landis+Gyrin PLAN-analysaattori on tarkoitettu PLC-signaalin analysointiin. Laitteella voidaan myös yleisesti analysoida sähköverkkoa, todeta PLAN-signaalin ylikuuluvuus ja kerätä mittaustietoja. Analysaattorilla tutkitaan kohteessa olevaa PLAN-signaalia. Laite kytketään vaiheen ja nollan välille, jolloin laite ilmoittaa perusnäytössä PLAN-signaalin voimakkuuden ja kohinan eli häiriön voimakkuuden yksikössä dB μ V. Laite ilmoittaa myös millä vaiheella keskittimen tunnistaa analysaattorin, keskittimen MAC-osoitteen sekä käytetyn modulointitavan. Kohteessa mittaus suorittaa kaikista vaiheista, vaikka L1-vaihe onkin mittarin kommunikointivaihe. Mittaus tulee aina pyrkiä suorittamaan vaiheen ja nollan välistä, koska vaiheen ja maadoituksen välistä mitattuna mittaus saattaa antaa virheellisen tuloksen. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

Analysaattorin mitaamat signaalitasot on jaettu neljään eri alueeseen, jotka laite myös sanallisesti ilmoittaa. Alueet ovat "Limit", eli kuuluvuusraja: <61 dB μ V, "Enough", eli riittävä: 61–80 dB μ V, "Good", eli hyvä: 81–100 dB μ V ja "Perfect", eli täydellinen: 101–118 dB μ V. On huomioitava, että vaikka mittari ilmoittaa signaalin tasoksi esimerkiksi "Good", se ei välttämättä tarkoita, että kommunikointi mittarin ja keskittimen välillä toimii. Kuuluvuutta voi silti häiritä verkossa olevat kohinat, joten myös kohinan tasoihin on kiinnitettävä huomiota. Lisäksi tulee kiinnittää huomiota, kummalla modulointityypillä analysaattori kommunikoi sekä palaako analysaattorin datan tilaa ja virheitä kuvaava Crc-LED punaisena vai vihreänä. Jos ledi palaa punaisena, se tarkoittaa että signaalissa olevassa datassa on virheitä. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

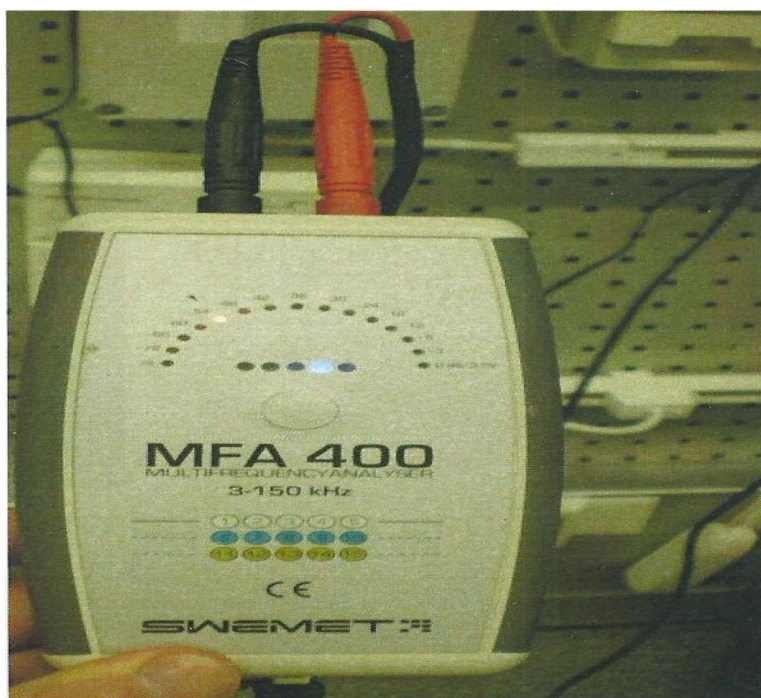
Analysaattori voidaan kytkeä suoraan kohteessa olevaan pistorasiaan pistokeliitännällä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää adapteria. Adapteri mahdollistaa erilaisten mittapäiden käytön, jos halutaan analysoida PLAN-signaalia suoraan keskittimeltä, mittarilta, sulakkeilta tai keskuksen riviliittimiltä. Jos käytössä on kaksi PLAN-analysaattoria, niillä voidaan esimerkiksi selvittää ennalta toimiiko PLAN-tiettyssä paikassa. Toinen mittareista asetetaan lähettämään signaalia esimerkiksi suunnitellun keskittimen paikalle ja toisella mittarilla vastaanotetaan tulevaa signaalia normaalisti. Näin voidaan selvittää, kuinka hyvin PLAN-signaali pääsee kyseisessä verkossa läpi. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

11.1.2 MFA-400 –analysaattori

MFA 400 –analysaattori on SweMetin valmistama sähköverkon tiedonsiirtotaajuuksien analysointiin tarkoitettu laite. MFA tulee sanoista Multi Frequency Analysator (Monitaajuus analysaattori). Taajuusalue, jonka laite voi analysoida, on 3-150 kHz. Laitteella voidaan siis analysoida useita taajuuksia yhtä aikaa. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

MFA 400 –analysaattorilla voidaan tutkia PLC-verkkoa kahdella tapaa. Ilman tietokonetta voidaan käyttää laitteen omaa LED-indikointiin perustuvaa taajuusnäyttöä, ja tietokonetta käytettäessä voidaan käyttää laitteen omaa analysointiohjelmia. LED-indikointia käytettäessä tulee laitteen valintanapista valita tarkasteltava taajuusalue. Tietokoneohjelma taas näyttää koko taajuusalueen spektrin 3 kHz:stä 150 kHz:iin. (Landis+Gyr PLAN koulutusmateriaali 2013-5.)

MFA-analysaattorilla otetuissa kuvissa punainen jana on taajuuden piikkiarvojen kuvaaja ja sininen jana taajuuden hetkellisarvon kuvaaja.

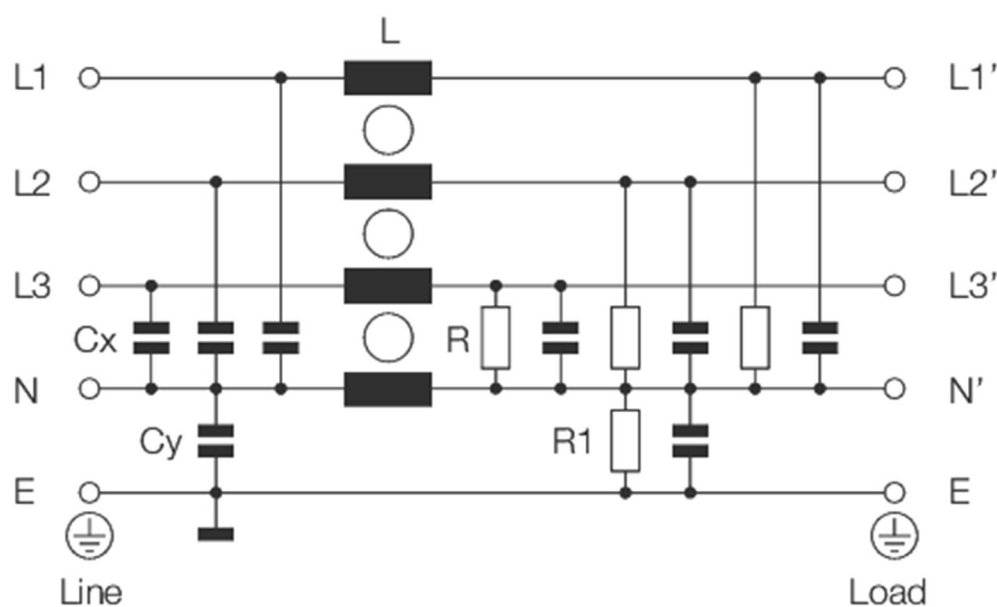


Kuva 11. MFA-400-analysaattori (Landis+Gyr 2013-5.)

11.2 EMC-suotimet

EMC-suotimella tarkoitetaan suodinkomponenttia, joka suodattaa laitteesta sähköverkkoon kohdistuvat häiriöt. EMC-suotimien merkittävimmät käyttötarkoitukset ovat hyötysignaalien erottelu häiriösignaaleista ja vääristyneiden signaalien korjaaminen. (Wikispaces 2013.)

Rakenteellisesti tavallinen EMC-suodin on hyvin yksinkertainen. Käytännössä EMC-suodin on RLC-piiri, eli vastuksien, kelojen ja kondensaattoreiden muodostama suodinpiiri. Luultavasti suotimen yksinkertaisesta rakenteesta johtuen eri valmistajien suotimilla ei ole olennaista eroa häiriön kompensoinnin kannalta, mutta käyttöiässä voi olla eroja johtuen eri laatuisten komponenttien käytöstä. Halpojen suotimien käyttöikä on tuskin niin pitkä kuin kalliimpien suotimien. Kuvasta 12 nähdään periaatteellinen tavallisen EMC-suotimen kytkentäkaavio.



Kuva 12. EMC-suotimen sisäinen kytkentä (Schaffner 2014.)

Yleisesti EMC-suotimia käytetään esimerkiksi taajuusmuuttajakäytöissä. Ilman EMC-suodinta taajuusmuuttaja aiheuttaa yleensä verkkoon häiriötä. Hyvissä taajuusmuuttajissa EMC-suodin on valmiiksi integroitu taajuusmuuttajan yhteyteen, mutta vanhemmissa ja halvoissa taajuusmuuttajissa suodinta ei ole integroitu taajuusmuuttajan yhteyteen. Juuri kyseiset taajuusmuuttajat ovat yleisesti verkossa esiintyvien häiriöiden lähteenä.

Jos taajuusmuuttaja aiheuttaa verkkoon häiriötä, EMC-suotimen voi asentaa jälkeenpäinkin taajuusmuuttajan yhteyteen. Suotimen asentaminen on halvin vaihtoehto häiriöiden kompensointiin. Toisena vaihtoehtona on vaihtaa kokonaan uusi taajuusmuuttaja, jossa on integroitu EMC-suodinpiiri. EMC-suotimia on saatavissa monilta eri valmistajilta ja moniin eri teholuokkiin. Kuvassa 13 on nähtävissä Siemensin valmistama taajuusmuuttajakäyttöön soveltuva EMC-suodin.

EMC-suotimen voi myös asentaa esimerkiksi nousujohtoon, jolloin kaikki kyseisen nousujohtoon laitteista verkkoon kohdistuvat häiriöt saadaan suodatettua. Tällöin kyseessä on yleensä tehonkestoltaan suuremmat suotimet. Esimerkki em. kaltaisesta suotimesta on kuvassa 14.

Taajuusmuuttajakäytössä EMC-suodin asennetaan taajuusmuuttajan syöttökaapelin ja taajuusmuuttajan väliin. Yleensä taajuusmuuttajakäyttöjen EMC-suotimet on suunniteltu siten, että ne on helppo asentaa joko suoraan taajuusmuuttajaan kiinni tai sen välittömään läheisyyteen.



Kuva 13. Siemensin EMC-suodin taajuusmuuttajakäyttöön (Inverterdrive 2014.)

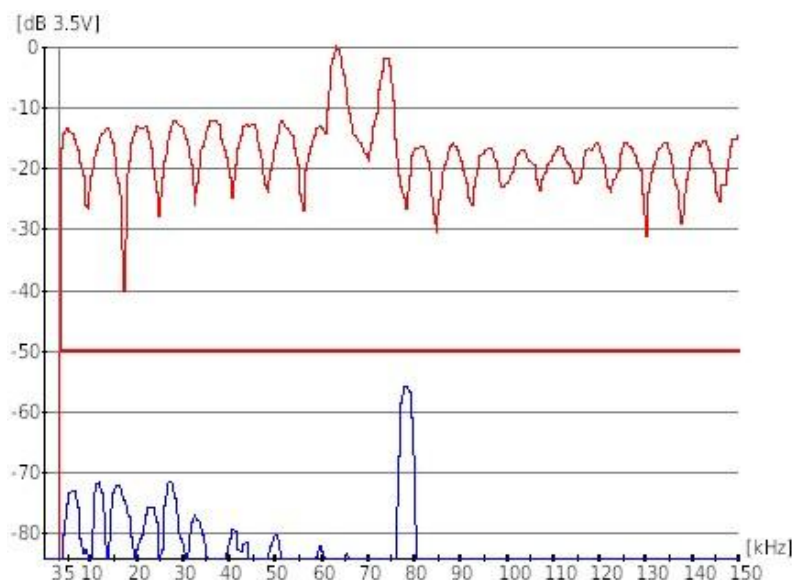


Kuva 14. Schaffnerin EMC-suodin (Schaffner 2014.)

Kuvassa 15 näkyy taajuusmuuttajan verkkoon aiheuttama häiriö, joka häiritsee PLAN-tekniikalla toteutettua etäluenta. Kuvassa punaisella merkityt taajuudet osoittavat verkossa esiintyvän PLAN-signaalin taajuuksien 63,3 ja 74 kHz:n huippuarvot sekä muiden esiintyvien PLAN-signaalia häiritsevien taajuuksien huippuarvot. Sinisellä merkityt taajuudet osoittavat taajuuksien hetkellisarvot. Häiriö peittää alleen PLAN-signaalin taajuudet, jolloin etäluenta ei toimi. Toisin sanoen kaikki muut kuin PLAN-signaalin taajuudet punaisessa käyrässä ovat PLAN-signaalille haitallisia, jos niiden tasot ovat liian korkeita.

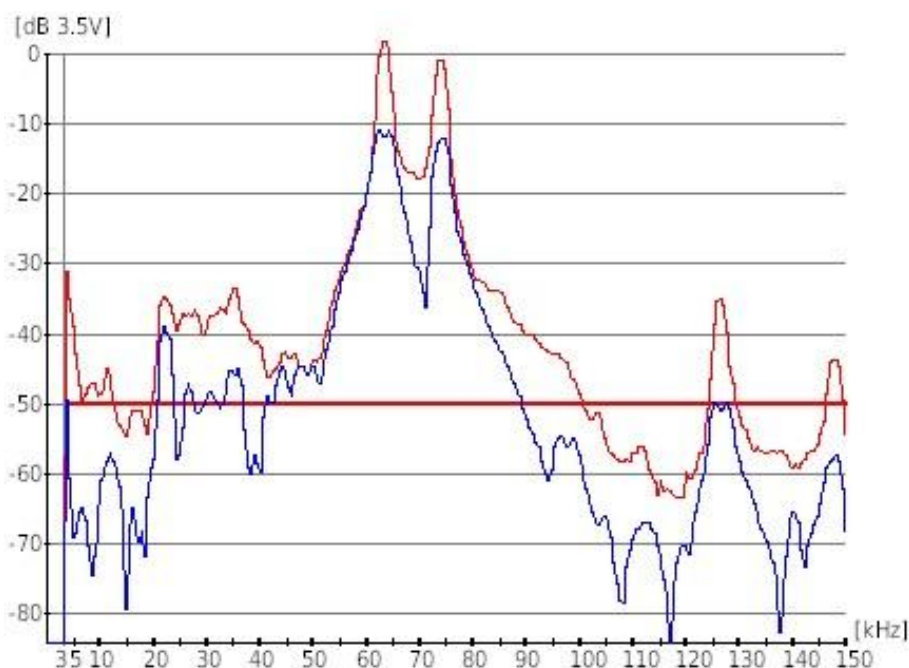
Kyseiseen taajuusmuuttajaan asennettiin EMC-suodin, jolloin häiriö saatiin kompensoitua ja etäluenta toimimaan. EMC-suotimen asennuksen jälkeinen verkon tila on nähtävissä kuvasta 16. Kuten huomataan, EMC-suotimen asennuksen jälkeen MFA-analysaattorilla otetussa kuvassa on nyt selvästi nähtävillä PLAN-signaalin taajuudet, joten etäluenta toimii.

MFA-analysaattorilla otettuja kuvia tarkastellessa tulee lähtökohtaisesti kiinnittää huomiota punaiseen huippuarvokuvaajaan, koska kyseinen kuvaaja kertoo PLAN-signaalille epäedullisemmän tilanteen. Sininen hetkellisarvojen kuvaaja on toissijainen, koska sitä on hankala tulkita sen nopean vaihtelun vuoksi. Punainen kuvaaja jää näkyviin vaikka analysaattorin mittapäätkyt kytkeisi irti mitattavasta kohteesta, kuten kuvassa 15 on tehty.



Kuva 15. Häiriö ennen EMC-suotimen asennusta (Kuvaja 2013.)

- Ylempi, eli punainen käyrä: taajuuksien huippuarvot
- Alempi, eli sininen käyrä: taajuuksien hetkellisarvot



Kuva 16. Taajuudet EMC-suotimen asennuksen jälkeen (Kuvaja 2013.)

- Ylempi, eli punainen käyrä: taajuuksien huippuarvot
- Alempi, eli sininen käyrä: taajuuksien hetkellisarvot

Kokemusten perusteella voidaan todeta, että EMC-suodin on tehokas ja edullinen tapa kompensoida PLAN-signaalia häiritseviä häiriöitä. Suurimassa osassa taajuusmuuttajan aiheuttamista häiriötapa-uksista häiriö saatiin kompensoitua tehokkaasti asentamalla kohteeseen EMC-suodin.

11.2.1 SweMet PLC 204-G16

SweMetin valmistama suodin on tarkoitettu yksivaiheisista häiriölähteistä peräisin olevien häiriöiden kompensointiin. Kyseisiä häiriöitä aiheuttavia kohteita ovat mm. yksivaiheiset kaukolämpö- ja vesipumput. Käytettävä taajuusalue kompensoinnissa on 40...90 kHz, joten se sopii PLAN-signaalia häiritsevien taajuuksien suodattamiseen. Suodin kestää 16 A virran, mikä on otettava huomioon asennuspaikan valinnassa. Suodin on valmiiksi koteloitu ja varustettu liitosjohdoin. Liitosjohdoissa on vedonpoistonipat, joten suodin on helppo ja nopea asentaa häiriökohteeseen. Käyttökokemukset suodimesta ovat olleet positiivisia sen asennushelpouden ja hyvän häiriökompensointikyvyn perusteella. Kuvassa 17 on nähtävissä kyseinen SweMetin PLC-suodin.



Kuva 17. SweMet PLC 204-G16 (Meskanen 2014-2.)

11.3 PLAN-toistin

Vaimennustapauksissa tai tasoltaan pienissä häiriötapauksissa PLAN-signaalia tulisi vahvistaa, jotta signaali etenisi koko PLAN-verkossa. PLAN-toistin nimensä mukaisesti toistaa eteenpäin havaitsemansa PLAN-signaalin ja näin ollen kuuluvuutta voidaan parantaa. PLAN-toistimen voi asentaa käytännössä melkein mihin vain, missä on vapaita sulakelähtöjä. PLAN-toistin tulisi asentaa aina omaan sulakelähtöönsä. Toistimen asennuspaikkoja voivat olla esimerkiksi jakokaapit ja erilaiset keskukset.

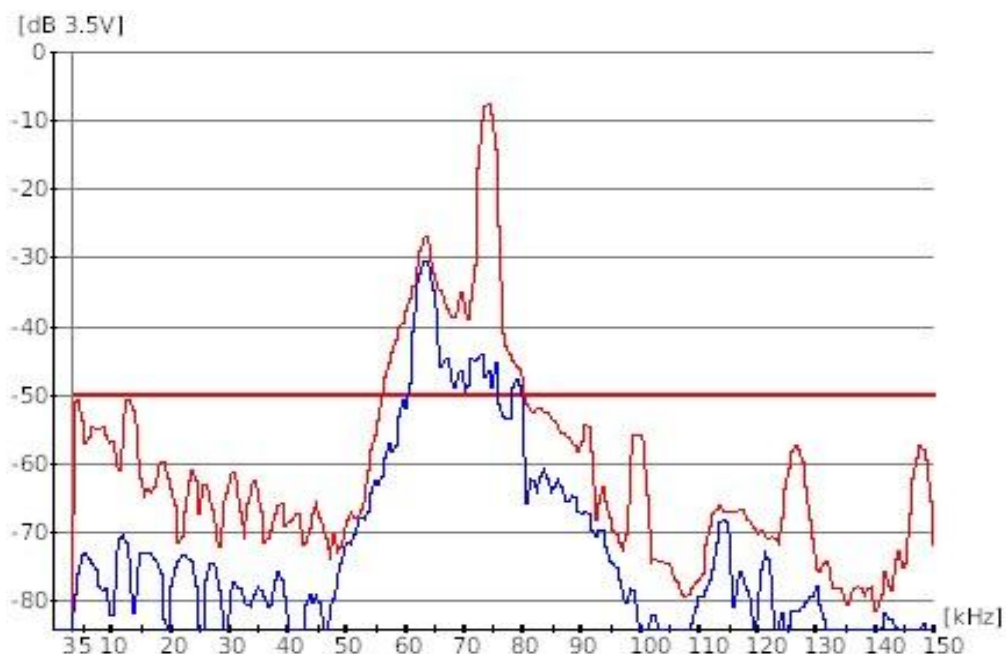
PLAN-toistin on lähes aina kolmevaiheinen, joten asennukseen tarvitaan vapaa kolmevaiheinen sulakelähtö. Sulakkeen kokona on käytetty 10 A sulakkeita, mutta pienempikin sulakekoko riittäisi toistimelle.

PLAN-toistimet ovat Landis+Gyrin valmistamia, eivätkä ne käy mihinkään muuhun kuin PLAN-signaalin toistamiseen. Kuvassa 18 näkyy PLAN-toistin asennettuna jakokaappiin. Toistimessa on valmiina liitäntäjohto, eikä siihen tarvitse asennuksen jälkeen tehdä mitään asetteluja. Toistin käynnistyy automaattisesti ja alkaa toistamaan havaitsemaansa PLAN-signaalia.



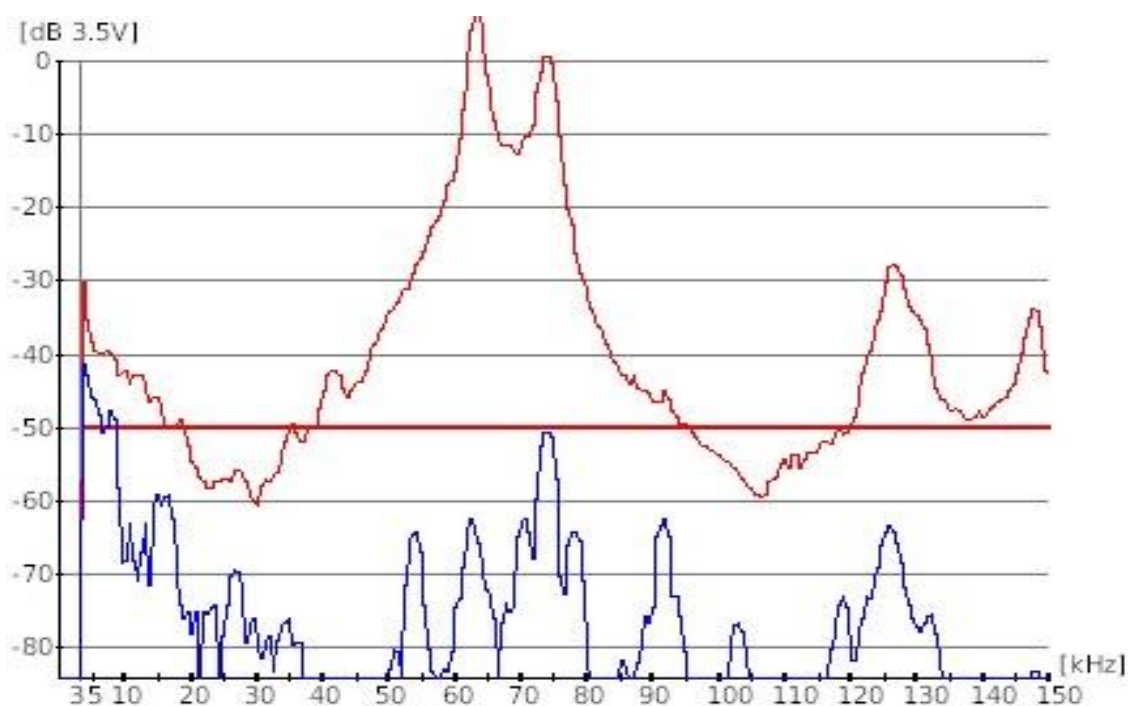
Kuva 18. PLAN-toistin jakokaappiin asennettuna (Kuvaja 2013-6-7.)

MFA-analysaattorilla otetussa kuvassa 19 näkyy erään kohteen PLAN-signaalin tasot ennen toistimen asennusta. Kuvasta huomaa, että 63,3 kHz taajuuden taso on melko alhainen ja jää helposti muiden verkossa esiintyvien saman suuruusluokan taajuuksien peittoon. Kuvassa 20 näkyy saman kohteen PLAN-signaalin tasot toistimen asennuksen jälkeen, jolloin signaalien tasot ovat korkeammat ja näin ollen saadaan parannettua etäluennan toimintavarmuutta.



Kuva 19. PLAN-signaalin tasot ennen toistinta (Kuvaja 2013.)

- Ylempi, eli punainen käyrä: taajuuksien huippuarvot
- Alempi, eli sininen käyrä: taajuuksien hetkellisarvot



Kuva 20. PLAN-signaalin tasot toistimen asennuksen jälkeen (Kuvaja 2013.)

- Ylempi, eli punainen käyrä: taajuuksien huippuarvot
- Alempi, eli sininen käyrä: taajuuksien hetkellisarvot

11.4 PLAN-signaalista aiheutuvien häiriöiden kompensointi

PLAN-signaalin on todettu aiheuttavan häiriötä vain joihinkin harvoihin kuluttajien laitteisiin. Kyseisiä laitteita ovat esimerkiksi ns. hipaisukytkimellä varustetut valaisimet. Toisin kuin yleisesti kuluttajat luulevat, PLAN-signaali ei aiheuta häiriötä digi-tv-vastaanottiin eikä tietokoneisiin. Tämän työn aikana ei tullut vastaan yhtäkään tilannetta, jossa tv-vastaanotin tai tietokone olisi häiriintynyt PLAN-signaalista.

Tätä opinnäytetyötä tehdessä ei tullut vastaan kuin muutama tilanne, joissa kuluttajan laite häiriintyi PLAN-signaalista. Kaikissa tapauksissa kyse oli hipaisukytkimellä varustetuista irtovalaisimista. Häiriö ilmeni siten, että kyseisen tyyppiset valaisimet syttyivät ja sammuiivat omia aikojaan. Valaisimet eivät näin ollen täyttäneet asetettuja EMC-vaatimuksia.



Kuva 21. Landis+Gyrin PLC-suodin (Kuvaja 2013-6-5.)

Jos kuluttaja ei suostu luopumaan kyseisen tyyppisistä valaisimista, on vaihtoehtona asentaa kohteeseen Landis+Gyrin PLC-suodin. Kyseinen suodin suodattaa PLAN-signaalin siten, että se ei pääse leviämään kuluttajan laitteille asti. PLC-suodin asennetaan ryhmään, johon häiriölle alttiit laitteet on kytketty. Toisin sanoen PLC-suotimella ei voida kattaa koko kiinteistöä, vaan yksittäisiä ryhmiä. Tämän vuoksi tulee aina selvittää, mihin ryhmään laitteet on kytketty.

Suotimen kotelo on varustettu DIN-kiskoon sopivalla kiinnityksellä, joten suodin on helppo asentaa esimerkiksi kiinteistön pää- tai ryhmäkeskukseen. Kuvassa 21 on nähtävissä Landis+Gyrin valmista ma PLC-suodin.

12 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää, minkälaisia häiriöitä PLAN-verkossa ilmenee, mitkä niitä aiheuttavat ja miten häiriöt voidaan kompensoida.

Häiriöiden kompensointiin ja PLAN-signaalin laadun parantamiseen on olemassa suhteellisen vähän keinoja. Häiriötilanteissa keinot ovat häiriön kompensointi EMC-suotimin tai häiriötä aiheuttavan laitteen poistaminen verkosta. PLAN-signaalin laadun ja tason parantamiseen keinona on oikeastaan vain toistimien asentaminen.

Tutkimuksen aikana tuli vastaan monia erilaisia tilanteita, joissa etäluenta ei syystä tai toisesta toiminut. Kokemuksen perusteella viat voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan: häiriöihin ja vaimennuksiin. Vikoja selvitettiin tässä työssä käsitellyillä menetelmillä. Kyseiset menetelmät ovat mielestäni tehokkaita ja näitä menetelmiä käyttäen vian laadun tunnistaminen ja vian paikallistaminen on suhteellisen helppoa.

Häiriöiden kompensoinnissa ja PLAN-signaalin vahvistamisessa käytetyt komponentit osoittautuivat varsin tehokkaiksi ja toimintavarmiksi. Ne oli helppo asentaa paikoilleen ja niiden kompensointiteho oli hyvä.

Tutkimuksen aikana selvisi, että PLAN-tekniikalla toteutetulle etäluennalle hankalia kohteita ovat ilmakehällä toteutetut alueet, paljon jakokaappeja sisältävät alueet ja pitkiä kaapelihaaroja ja pitkiä etäisyyksiä muuntajalta sisältävät alueet. Kyseisille alueille täytyi asentaa paljon toistimia, jotta PLAN-signaali pysyi tarpeeksi voimakkaana.

Lisäksi tutkimuksen aikana kävi ilmi, että PLAN-signaali häiritsee vain hyvin harvoja verkkoon kytkettyjä laitteita, joten sitä voidaan pitää EMC-turvallisena muille laitteille.

PLAN-signaalin käyttäytymisestä verkossa tiedetään vielä suhteellisen vähän, joten sitä on syytä tutkia jatkossakin. Lisäksi, kuten tässäkin työssä oli tarkoituksena, on tärkeää selvittää minkälaiset laitteet häiritsevät PLAN-tekniikalla toteutettua etäluentaa ja millaisia häiriöitä itse PLAN-signaali aiheuttaa laitteille.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

KUOPION ENERGIA LIIKELAITOS 2013. Kuopion Energian esittely [PowerPoint-esitys].

AHOLA, Jero 2003 a. Applicability of Power-Line Communications to Data Transfer of On-Line Condition Monitoring of Electrical Drivers. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa:

<http://urn.fi/URN:ISBN:951-764-831-6>

AHOLA, Jero 2003 b. European standard concerning signalling on low voltage electrical systems (EN, 1991) [kuva]. Applicability of Power-Line Communications to Data Transfer of On-Line Condition Monitoring of Electrical Drivers. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa:

<http://urn.fi/URN:ISBN:951-764-831-6>

ROKKA, Antti 2011-2-11. Sähköverkkotiedonsiirron häiriöt. Metropolia ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201102142304>

LANDIS+GYR 2013. PLAN-tekniikan koulutusmateriaali [Luentokansio]. Saatavissa: Kuopion Energia Liikelaitos. Kuopio.

LANDIS+GYR 2013. PLAN-tekniikkaan liittyvät kuvat [useita kuvia]. PLAN-tekniikan koulutusmateriaali [Luentokansio]. Saatavissa: Kuopion Energia Liikelaitos. Kuopio.

LANDIS+GYR 2010. E450 sähkönkulutusmittarin manuaali. Saatavissa: Kuopion Energia Liikelaitos. Kuopio.

WIKIPEDIA a. Frequency-Sift Keying. [viitattu 2013-12-19]. Saatavissa:

http://en.wikipedia.org/wiki/Frequency-shift_keying

WIKIPEDIA b. Amplitude-Sift Keying. [viitattu 2013-12-19]. Saatavissa:

http://en.wikipedia.org/wiki/Amplitude-shift_keying

PARTANEN, Jussi-Pekka 2011-4-28. Taajuusmuuttajakäytön hyödyt käytössä olevissa ilmanvaihtokoneissa. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa:

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201105127639>

TUKES 2007-12-27. Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta. [viitattu 2014-1-22]. Saatavissa:

<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20071466?toc=1>

WIKISPACES. EMC-suotimet [viitattu 2014-1-22]. Saatavissa:

<http://kompo2010.wikispaces.com/EMC+suotimet>

SCHAFFNER 2014. Typical Electrical Schematic [kuva]. General Purpose Three-phase and Neutral Line Filter Data Sheet [verkkokatalogi]. Saatavissa:

<http://www.schaffner.com/en/products/emcemi/category/three-phase-neutral-line-filters.html>

SCHAFFNER 2014. General Purpose Three-phase and Neutral Line Filter [kuva]. General Purpose Three-phase and Neutral Line Filter Data Sheet [verkkokatalogi]. Saatavissa:

<http://www.schaffner.com/en/products/emcemi/category/three-phase-neutral-line-filters.html>

INVERTER DRIVE SUPERMARKET 2014. Siemens EMC Filter for Micromaster 420/440 for G120 (frame size A) [kuva]. Inverter Drive Supermarket [verkkokatalogi]. Saatavissa:

<http://www.inverterdrive.com/group/EMC-Filters/Siemens-Micromaster-EMC-Filter-420-440/>

MESKANEN, Markku 2014-2. SweMet PLC 204-G16 [digikuva]. Sähköpostiviesti [luettu 2014-02-20].

LIITE 1

KESKITIN DC450 TEKNISET TIEDOT

Virtalähde

- Käyttöjännite: 1 x 230 VAC tai 3 x 230 / 400 VAC
- Jännitealue: 0,8...1,15 x U_N
- Taajuus: 50 Hz
- Varmistusaika varakondensaattori täyteen ladattuna: 7 päivää
- Tehonkulutus (kun varakondensaattori on latautunut):
 - Ilman tiedonsiirtoa: 6,5 W / 23 VA
 - LAN-tiedonsiirto: 7 W / 24 VA
 - GPRS-tiedonsiirto: 7,5 W / 26 VA

Ulkoiset liitännät

- RS-458 (RJ45) SELV, enintään 24 V
- TP SELV, enintään 230 V. Syöksyjännitteen suojaus 6 kV
- Vakiolitin (USB-A)
- 2 x LAN (RJ45) –liitäntä. LAN1 yhdistetään mittausjärjestelmään, LAN2 paikalliseen Web-liitäntään

2G-modeemin ominaisuudet

- Vaihdettava GSM-/GPRS-modeemi
- Nelitaajuus-GSM 850/900/1800/1900 MHz
- GPRS multislott luokka 10
- GSM phase 2/2+ -yhteensopiva
- SIM-kortin pidike
- SIM-korttiliitäntä 1,8 V ja 3 V
- SMA-liitin antennia varten

LIITE 2

LANDIS+GYR E450 TEKNISET TIEDOT

- Pätö- ja loistehon tallentaminen kaikista neljästä kvadrantista ja jopa kuusi eri hintaa.
- Tiedot näytetään nestekidenäytössä.
- Mittauselementti perustuu DFS-tekniikkaan (Direct Field Sensor, suora kenttäanturi), ja sen mittausominaisuudet ovat erinomaiset.
- Mittaustarkkuus pätoenergialle: luokka 1
- Mittaustarkkuus loisenergialle: luokka 2
- Laaja mittausalue ulottuu aloitusvirrasta enimmäisvirtaan
- Sarjaliitântä ja optinen tulo/lähtö paikan päällä tapahtuvaa tietojen automaattista luentaa sekä huoltotoimintoja varten.
- Kaksisuuntainen tiedonsiirto mittausjärjestelmään ja integroitu PÖC-lähetin-vastaanotin.
- M-Bus-kaapeiliitântä tukee neljää monienergialaitetta (kaasu, vesi, kaukolämpö).
- Langaton M-Bus-vaihtoehto.
- Sisäinen katkaisin virran katkaisuun. Katkaisinta voidaan etähallita AMM-järjestelmästä, paikallisesti painikkeella tai paikallisten tiedonsiirtoliitântöjen välityksellä.
- Tulot ja lähdöt
 - Yksi digitaalitulo, joka on ohjelmoitu S0:ksi, hälytys tai paikallisen katkaisimen komento
 - Kaksi relelähtöä: ensimmäisen relelähtö on normaali avoin rele ja toinen relelähtö on ohjelmoitu puolijohdereleeksi tai mekaaniseksi on-off-salpareleeksi
- Asennusohjeet (esimerkiksi vaihejännitteet ja energian suunta)
 - Vaihejännitteiden olemassaolo (jännitteen arvot näytetään)
 - Visuaalisen lähdön ilmaisin (hiipumisen ilmaisin) nestekidenäytössä
 - Energian suunnan näyttö
 - Väärän vaihekierron ilmaisin
- Suojaustoiminnot
 - Liitinlevyn avaamisen havaitseminen
 - Vahvan magneettisen DC-kentän havaitseminen
 - Katkaisimen häirinnän havaitseminen

Sähkönjakeluhäiriöiden ja muiden tapahtumien tiedot tallennetaan